Biological Monitoring of the Indoor Air of 4 Storerooms in Golestan Palace Museum in line with Preventive Protection

Nasrin Noohi Babajan [1], Farah Madani [2], Manijeh Hadian [1]*

1*. Assistant Professor. Research Institute of Cultural Heritage & Tourism, RCCCR, Tehran, Iran

2. Research Staff Institute of Cultural Heritage & Tourism, RCCCR, Tehran, Iran

Abstract

Valuable cultural heritage is always exposed to the invasion of biological agents and the resulting destruction, especially when the physical and chemical conditions of the work and its surrounding environment are compatible with the characteristics of an organism or a microorganism. Therefore, preventing the occurrence of such conditions and limiting the invasion of biological agents should be among the main and primary goals of every center. Over the years, various methods such as the use of disinfectants have been used to control biological agents in various historical and cultural collections. With the passage of time and increasing awareness of the harmful effects of these substances on the treated works, the environment and the users, nowadays the use of non-toxic alternative methods is more recommended. Experience has shown that the method that causes the least damage to collections and employees is preventive methods and regular control, which is possible through monitoring and managing the environment. Integrated pest management with the ultimate goal of removing harmful biological agents from a place is one of the long-term preventives and non-toxic methods of controlling biological agents that is used in many museums, archives, and libraries. In this article, along with a brief overview of biological deterioration and its preventive and control strategies, microbiological monitoring of the air inside 4 storerooms in the world heritage complex of Golestan Palace Museum including: the anthropological clothing, the manuscripts, the carpets, and the Painting storerooms was carried out. For this purpose, air sampling was done by sedimentation method and isolated microbial colonies on the culture media were investigated and identified. The results of the microbiological monitoring of the air inside the storerooms in this study showed that except for the carpet storeroom, other studied storerooms, including the anthropological clothing, the manuscript and the painting storerooms, are acceptable in terms of the number of microorganisms in the air.

Keywords: Biodeterioration, Microorganism, Preventive Protection, Integrated Pest Management, Environmental Monitoring.

Knowledge of Conservation and Restoration

Vol. 6(3) No.17
December 2023
https://kcr.richt.ir

Pages: 16 to 28

Corresponding Author

Nasrin Noohi Babajan

Research Institute of Cultural Heritage & Tourism, RCCCR, Tehran, Iran

Email
nasrinnoohi@gmail.com

Copyright © 2020,Knowledge of Conservation and Restoration. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0. International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

پایش میکروبیولوژیکی هوای داخل چهار مخزن مجموعه میراث جهانی کاخ موزه گلستان در راستای حفاظت پیشگیرانه مجموعه‌های موزه‌ای

نسرین نوحی باباجان[1*]، فرح سادات مدنی[2] ، منیژه هادیان دهکردی[1]

۱*. استادیار، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی- فرهنگی، تهران، ایران

۲. کارشناس ارشد مرمت اشیاء تاریخی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی- فرهنگی، تهران، ایران

چکیده

آثار با ارزش تاریخی فرهنگی همواره در معرض هجوم عوامل بیولوژیکی و تخریب ناشی از آن قرار دارند، به‌ویژه وقتی که شرایط فیزیکی و شیمیایی اثر و محیط اطراف آن با خصوصیات یک ارگانیسم یا یک میکروارگانیسم سازگار باشد. بنابراین جلوگیری از وقوع چنین شرایطی و پیشگیری از هجوم عوامل بیولوژیکی باید از جمله اهداف اصلی و اولیه هر مرکزی باشد. طی سال‌ها روش‌های مختلفی مانند استفاده از مواد ضدعفونی کننده برای کنترل عوامل بیولوژیکی در مجموعه‌های مختلف تاریخی و فرهنگی به‌کار گرفته شده است. با گذشت زمان و با افزایش آگاهی از تأثیرات مخرب ناشی از استفاده این مواد روی آثار مورد درمان، محیط زیست و کاربران، امروزه استفاده از روش‌های جایگزین غیرسمی بیشتر توصیه می‌شود. تجربه نشان داده است روشی که کمترین آسیب را به مجموعه‌ها و کارکنان وارد می‌کند، روش پیشگیرانه و کنترل منظم است که از طریق نظارت و اداره محیط امکان‌پذیر است. مدیریت تلفیقی آفات با هدف نهایی دور کردن عوامل بیولوژیکی مخرب از یک مکان از جمله روش‌های پیشگیری دراز مدت و غیر سمی کنترل عوامل بیولوژیکی است که امروزه در بسیاری از موزه‌ها، بایگانی‌ها و کتابخانه‌ها به کار گرفته می‌شود. در این مقاله ضمن مروری کوتاه بر فرسودگی زیستی و راهبردهای پیشگیرانه و کنترل آن، پایش میکروبیولوژیک هوای داخل چهار مخزن در مجموعه میراث جهانی کاخ موزه گلستان شامل: مخازن پوشاک مردم‌شناسی، کتابخانه نسخ خطی، مخزن فرش و تابلوهای نقاشی انجام گرفت. برای این منظور نمونه‌برداری از هوا به روش رسوبی انجام گرفت و کلونی‌های میکروبی جداسازی شده بر روی محیط‌های کشت بررسی و شناسایی شدند. نتایج حاصل از پایش میکروبیولوژیک هوای داخل مخازن در این مطالعه نشان داد به‌جز مخزن فرش، بقیه مخازن شامل مخزن پوشاک مردم‌شناسی، مخزن نسخ خطی و مخزن تابلوهای نقاشی از نظر تعداد میکروارگانیسم‌های موجود در هوا در سطح قابل قبول می‌باشند

واژگان کلیدی: فرسودگی زیستی، میکروارگانیسم‌ها، حفاظت پیشگیرانه، مدیریت تلفیقی آفات، پایش محیطی

فصلنامه دانش حفاظت و مرمت

سال ششم، شماره۳، شماره پیاپی ۱۷

پاییز ۱۴۰۲

https://kcr.richt.ir

صفحات: ۱۶ تا ۲۸

نویسنده مسئول

نسرین نوحی باباجان

استادیار پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی، تهران، ایران

رایانامه

nasrinnoohi@gmail.com

مقاله منتخب سیزدهمین همایش دو سالانه حفاظت و مرمت اشیاء تاریخی - فرهنگی و آرایه‌های معماری

دسترسی به این مقاله برای همگان آزاد است. هرگونه استفاده غیرتجاری از آن در صورت ارجاع مناسب، مجاز شناخته می‌شود.

مقدمه

عوامل بیولوژیکی به‌ویژه میکروارگانیسم‌ها قادر به تکثیر در هر محیط شناخته شده‌ای هستند و می‌توانند با کمک متابولیسم گسترده خود شرایط محیطی را تغییر دهند. همچنین آن‌ها نقش کلیدی در فرایندهای بیوشیمیایی که منجر به تغییر ساختار مواد آلی و غیر آلی می‌شود، ایفا می‌کنند که منجر به تغییراتی در آثار ساخته شده توسط انسان می‌شوند که اغلب این تغییرات بُعد منفی دارند. فرسودگی زیستی (Biodeterioration) به هرگونه تغییر نامطلوب بر روی مواد اطلاق می‌شود که توسط فعالیت‌های حیاتی ارگانیسم‌ها ایجاد می‌شود که این تغییرات می‌تواند ناشی از اثرات شیمیایی و یا فیزیکی بر روی شیء باشد (Ali et., 2021; Sterflinger & Querner, 2013 al). عوامل فرسودگی زیستی، برای هر نوع ماده‌ای مطابق با ساختار شیمیایی و محیط آن متغیر هستند. آن‌ها نیازهای غذایی مختلفی دارند و به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر بستر یا ماده میزبان تأثیر می‌گذارند (Osman et al., 2017)

در محیط‌های بسته از جمله موزه‌ها، ذرات بیولوژیک هوا می‌توانند یک عامل بالقوه جهت تخریب آثار تاریخی به شمار آیند. این ذرات شامل انواع مختلف میکروارگانیسم‌ها از جمله باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها هستند که بر اساس اندازه و با سرعت‌های مختلف بر روی سطوح قرار می‌گیرند و درصورتی‌که محیطی مطلوب از نظر دما، رطوبت و حضور مواد غذایی پیدا کنند تکثیر کرده و منجر به فرسودگی زیستی آثار می‌شوند. علاوه بر مبحث فرسودگی زیستی آثار، حضور باکتری‌ها و قارچ‌ها در غلظت بالا در محیط‌های بسته می‌تواند برای کارکنان و بازدیدکنندگان موزه مضر و خطرناک باشد. جمعیت میکروبی در هر ساختمانی بر اساس نوع ساختمان، مصالح به‌کاررفته در آن، آثار و اسباب و اثاثیهٔ موجود در ساختمان، و حضور کارکنان و بازدیدکنندگان متغیر است(Pasquarella et al., 2015)

شرایط محیطی از جمله عواملی است که نقش بسیار مهمی در تخریب زیستی مجموعه‌های موزه‌ای دارد. در محیط‌های بسته مثل موزه، کتابخانه، مخازن و غیره، رطوبت‌نسبی بالا، دمای بالا، تهویه ضعیف در شرایط بهداشتی نامناسب، شدت بالای نور و تراکم بالای مواد آلی (شامل گردوغبار، و برخی مواد مرمتی و غیره)، از جمله موارد گسترش عوامل بیولوژیکی در محیط هستند (Caneva et al., 1991). رعایت بهداشت و تمیز نگه‌داشتن محیط نگهداری مجموعه‌ها از انباشت گرد و خاک، زباله‌ها و بقایای آلی که مواد غذایی، آب و پناهگاه برای آفات فراهم می‌کنند، اهمیت زیادی داشته و معمولاً در کاهش و رشد عوامل بیولوژیکی مفید است. عدم گردش مناسب هوا، مواد نامناسب مورد استفاده در حفاظت و مرمت آثار و همچنین کاربرد تجهیزات، لوازم و ابزارهای نامناسب و غیراستاندارد در محیط حاوی مجموعه‌ها از دیگر عوامل مساعد برای رشد و نمو عوامل بیولوژیکی می‌باشند (Johnson, 1999; Stanaszek-Tomal, 2020).

کتابخانه‌ها، موزه‌ها و مخازن شامل تعداد زیادی از مواد به‌ویژه مواد آلی با اهمیت فرهنگی و علمی هستند که مورد تهدید دائمی این موجودات قرار دارند. کنترل فرسودگی زیست محیطی این آثار امری بسیار پیچیده است و روش‌های مختلفی برای پیشگیری، کنترل و یا ضدعفونی آثار موزه‌ای و کتابخانه‌ای در مراکز مهم دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند. بیشتر این روش‌ها اگرچه تأثیرات مثبتی در مبارزه با عوامل بیولوژیکی دارند اما بسته به مقدار مورد استفاده، بسیاری از این مواد برای موجودات زنده و همچنین انسان و محیط زیست مضر و خطرناک هستند. طی سال‌ها از انواع مواد ضد عفونی کننده به دلیل تأثیر سریع و آشکار و استفاده آسان برای مقابله با این عوامل مخرب استفاده می‌شد، اما به‌تدریج افزایش درک عمومی و شناخت بهتر از مواد، ارزیابی خطرات احتمالی آن‌ها بر روی انسان و محیط زیست، و ماندگاری آن‌ها بر روی آثار تحت درمان و تأثیرات مخرب بر مواد مجموعه‌ها، پیشرفت علم و فناوری و غیره، موجب شد تا حفاظت بیش از پیش به سمت راه حل‌هایی در راستای توسعه پایدار و احترام به محیط زیست حرکت کند و بر لزوم ارزیابی مجدد و تغییر در خط مشی و بر مدیریت مؤثر، در دسترس و ایمن

تأکید شود. به‌طوری‌که امروزه درمان و حفاظت آثار با ارزش و نادر با روش‌های حساس و غیر مهاجم یک اولویت محسوب می‌شود (Strang et al., 2019).

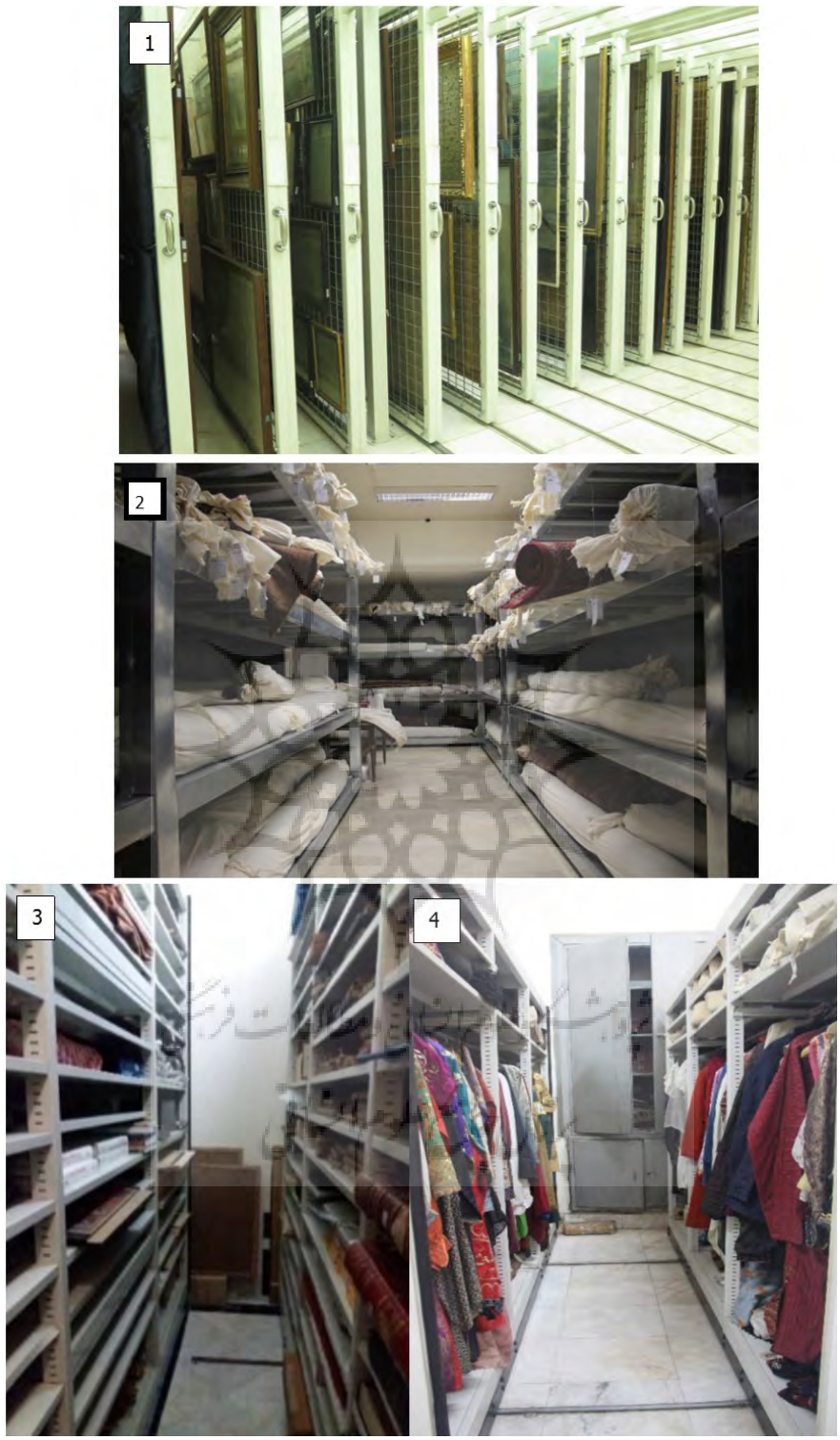
تجربه نشان داده است روشی که کمترین آسیب را به مجموعه‌ها و کارکنان وارد می‌کند، روش‌های پیشگیرانه و کنترل منظم است که از طریق نظارت و اداره محیط امکان‌پذیر می‌شود. مسئله عوامل بیولوژیک در موزه‌ها می‌توانند به‌طور مؤثر و مطمئن از طریق استفاده از رویکرد مدیریت تلفیقی آفات (Integrated Pest Management-IPM) با هدف نهایی دور کردن آفات از یک مکان کنترل شود (ولهایزر، ۱۳۷۹). آفات موزه عوامل بیولوژیکی هستند که می‌توانند به مجموعه‌های موزه آسیب وارد کنند. میکروارگانیسم‌ها، حشرات، جوندگان و پرندگان همگی آفات موزه هستند (National Park Service, 2014). مدیریت تلفیقی آفات بخش مهمی از حفاظت پیشگیرانه است (Querner & Kjerulff, 2013). این روش در اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی به موزه‌ها معرفی شد و در حال حاضر به یک وجه مهم در حفاظت پیشگیرانه در موزه‌ها تبدیل شده است (Sterflinger & Querner, 2013; Teygeler et al., 2021). فرایندی مؤثر و دوستدار محیط زیست که با تأکید بر پیشگیری، استفاده از مواد ضدعفونی‌کننده را به عنوان آخرین راه حل در نظر می‌گیرد. کنترل‌های دقیق و پایش منظم برای تشخیص به‌موقع شرایط نامساعد، تشخیص زود هنگام خطر، استفاده از ابزار ارزیابی خطر و اتخاذ اقدامات پیشگیرانه حفاظتی از پیش‌نیازهای لازم برای حفظ مجموعه‌ها هستند(Camuffo & Bertolin, 2016). یکی از اهداف اصلی رویکرد حفاظت پیشگیرانه در حوزهٔ میراث فرهنگی محدود کردن تخریب میکروبی آثار و جلوگیری از بیماری در کارکنان و بازدیدکنندگان این مراکز است و شناخت عوامل بیولوژیکی (از نظر کمی و کیفی) و عوامل مؤثر بر بقا و رشد و گسترش آن‌ها، از اجزاء اصلی حفاظت پیشگیرانه به‌شمار می‌آید (Pasquarella et al., 2020). از این رو پایش دوره‌ای هوای داخل موزه از نظر وجود عوامل بیولوژیک، هم از جنبه حفاظت از آثار و سلامت افراد و هم از جنبه حفاظت از محیط زیست امری بسیار ضروری به شمار می‌آید

این مقاله بخشی از یک طرح پژوهشی است که در سال ۹۹-۱۳۹۸ و در راستای پروژه موزه سبز در پژوهشکده حفاظت و مرمت انجام شد. در راستای اجرای این پروژه، مجموعه کاخ گلستان به عنوان یکی از موزه‌های هدف انتخاب شده بود. پس از بررسی و مکان‌یابی در مجموعه، چهار مخزن پوشاک مردم‌شناسی، کتابخانه نسخ خطی، مخزن فرش و تابلوهای نقاشی، برای پایش تعیین شدند. موزه سبز به معنای موزه‌ای است که در برنامه‌ریزی، اجرا و امکانات لازم دارای شرایط پایدار می‌باشند. پروژه موزه سبز یک طرح پژوهشی، آموزشی برای رسیدن به شرایط پایدار نگهداری آثار و افزایش دانش تخصصی در موزه‌های کشور است که از سال ۱۳۹۴، در پژوهشکده حفاظت و مرمت در حال اجرا است.

مواد و روش‌ها

کاخ گلستان

کاخ گلستان با قدمتی بیش از ۴۴۰ سال، یکی از منحصربه‌فردترین مجموعه‌های تاریخی ایران است که در منطقه ۱۲ تهران در خیابان ۱۵ خرداد و در ضلع شمالی میدان ارگ واقع‌شده است. مجتمع قصر یکی از قدیمی‌ترین بناها در تهران است که نخستین بار در زمان سلطنت شاه عباس صفوی (۹۸۸ ه.ق.) ساخته شده است. سپس در زمان زندیه و قاجاریه تغییراتی در آن صورت گرفت. در حال حاضر مجتمع کاخ گلستان با وسعتی برابر با ۴/۵ هکتار (یک دهم وسعت اولیه)، از هشت ساختمان اصلی تشکیل شده است که اکثراً به‌عنوان موزه و باغ‌های دولتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. قدیمی‌ترین بخش مجموعه که ایوان تخت مرمر یا ایوان دارالاماره و یا دیوان‌خانه نامیده می‌شود به دوران کریم‌خان زند نسبت داده شده است. شمس‌العماره، خلوت کریم‌خانی، ایوان تخت مرمر، عمارت بادگیر، نگارخانه و تالارهایی مثل تالار آیینه، تالار سلام، تالار سفره‌خانه، تالار الماس و تالار برلیان از جمله بخش‌های مختلف کاخ گلستان هستند. این مجموعه با این قدمت نه تنها بیانگر بخش مهمی از تاریخ هنر این مرزوبوم است بلکه به‌واسطه رخدادهای فوق‌العاده مؤثر اتفاق افتاده در آن یا به نوعی مرتبط با آن، به مجموعه‌ای بی‌بدیل و سندی زنده از مهم‌ترین بخش تاریخ ایران تبدیل شده است. این مجموعه تاریخی باشکوه در سال ۱۳۹۲ خورشیدی، در سی و هفتمین اجلاس سالانه کمیته میراث جهانی سازمان یونسکو در پنوم پن، پایتخت کامبوج، در فهرست میراث جهانی این سازمان به ثبت رسید.



شکل ۱. نمایی از ۱) مخازن نقاشی، ۲)فرش، ۳)نسخ خطی و ۴)پوشاک مردم‌شناسی کاخ گلستان

مکان‌های مورد مطالعه

پایش و بررسی عوامل میکروبیولوژیکی در ۴ مخزن شامل مخزن فرش، کتابخانه نسخ خطی، پوشاک مردم‌شناسی و تابلوهای نقاشی انجام شد (شکل ۱). مخزن فرش محل نگهداری قالی و قالیچه‌هایی از دوران قاجار و پهلوی است. برای نگهداری، فرش‌های بزرگ را به دور لوله‌های پلیکا لوله کرده سپس در پارچه‌های از جنس کتان پیچیده می‌شوند. این در حالی است که قالیچه‌ها و فرش‌های کوچک مستقیماً داخل پارچه‌های کتان قرار داده می‌شوند. مخزن فرش فضایی کاملاً بسته است و ارتباطی با فضای سبز بیرون ندارد. این مخزن در زیرزمین موزه مخصوص قرارگرفته است. مخزن نسخ خطی این مجموعه واقع در ساختمانی است که در دوره پهلوی به انجام کارهای اداری اختصاص داده شده بود. این ساختمان در ضلع جنوبی تالار آیینه واقع شده است. پنجره های مخزن مشرف به فضای سبز باغ است، ولی همیشه جهت محافظت از کتاب‌ها بسته نگه داشته می‌شوند که خود راهکار مناسبی جهت جلوگیری از ورود آفات است.

مخزن پوشاک موزه مردم‌شناسی، در مجاورت ایوان کاخ سفید قرارگرفته است. این مخزن محل نگهداری لباس‌های اهدایی مردم در دوران قاجار و پهلوی است. مخزن نقاشی‌ها در موزه مخصوص کاخ گلستان قرار دارد. اشیای موجود در این موزه از نفیس‌ترین آثار به‌جای مانده از شاهان قاجار هستند. مخزن نقاشی‌های کاخ گلستان حاوی نقاشی‌های مختلف آبرنگ و رنگ و روغن مرتبط به دوره‌های تاریخی مختلف است. این مخزن شامل ردیف‌های مختلف از تابلوهای نقاشی می‌باشند که به‌صورت قفسه‌بندی شده قرار دارد.

شکل ۲. پلیت‌گذاری در مخازن مختلف

پایش بیولوژیک در هوا

در این بررسی برای نمونه‌برداری از روش رسوبی (Sedimentation method) استفاده شد (Awad, 2012 & Mawla). برای این منظور در مخازن مورد مطالعه در ارتفاع حدود یک‌ونیم متر، پلیت‌های نوترینت آگار (Nutrient agar) برای بررسی جمعیت میکروبی و سابرو دکستروز آگار (Sabouraud Dextrose agar) برای بررسی جمعیت قارچی، به قطر ۸ سانتی‌متر به مدت مشخص، بر اساس میزان احتمال آلودگی بیولوژیکی در مخازن، قرار داده شد (شکل ۲). پس از انکوباسیون، کلونی‌های رشد کرده در هر پلیت شمارش و تعداد واحدهای تشکیل‌دهنده کلونی (CFU/m^3) با کمک فرمول اوملیانسکی محاسبه شد.

$$N=5a.10^4\ (bt)^{-1}$$

در این فرمول N بیانگر تعداد میکروب‌ها در متر مکعب هوا (CFU/m^3)، a تعداد کلونی‌های رشد کرده در هر پلیت، b سطح پلیت بر حسب cm^3 و t زمان پلیت گذاری بر حسب دقیقه است

جداسازی باکتری‌ها و قارچ‌ها

محیط کشت نوترینت آگار در دمای ۲۸ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۳ روز برای بررسی باکتری‌ها و محیط کشت سابرو دکستروز آگار در دمای ۲۸ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۶ روز برای بررسی قارچ‌ها انکوبه شدند. کلونی‌های تشکیل‌شده روی محیط‌های کشت، ازنظر مورفولوژیکی بررسی و برای مطالعات بیشتر خالص‌سازی شدند.

شناسایی باکتری‌ها

باکتری‌های خالص‌سازی شده بر روی نوترینت‌آگار، پس از رنگ‌آمیزی گرَم (Gram Staining)، بر طبق دستورالعمل برگی (Bergey) با کمک آزمون‌های بیوشیمیایی شناسایی شدند(Vos et al., 2011).

شناسایی قارچ‌ها

قارچ‌های جداسازی شده، پس از خالص‌سازی و بر اساس مورفولوژی کلونی و همین‌طور مورفولوژی ساختاری، با کمک میکروسکوپ نوری بررسی و شناسایی شدند (Barnett et al., 1972).

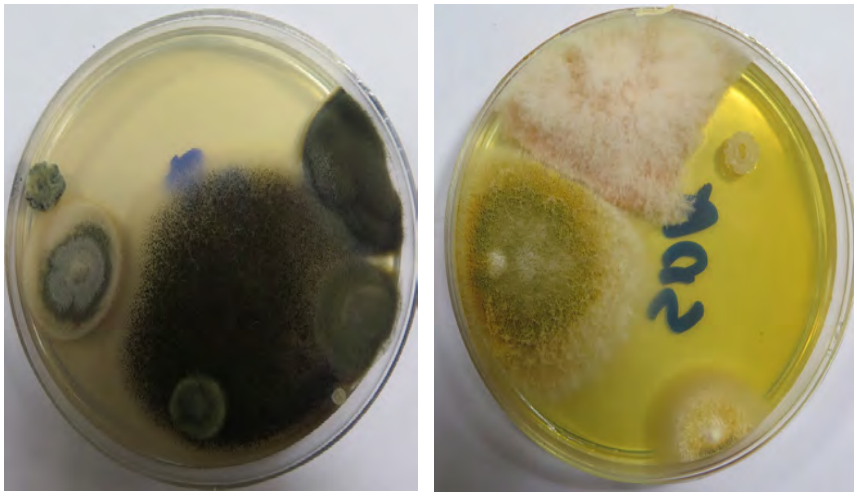
نتایج

تجمع‌ةهای باکتریایی و قارچی جداسازی شده در این مطالعه خالص‌سازی و شناسایی شد (شکل ۳ و ۴). نتایج حاصل در جدول ۱ نشان داده شده است

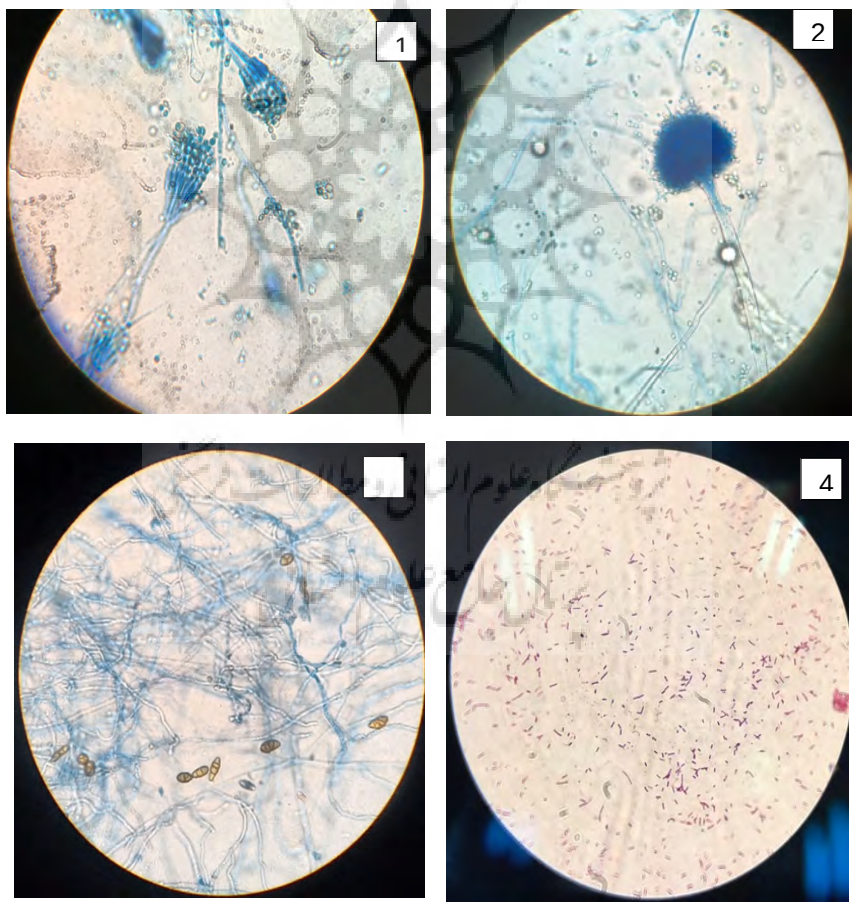
بحث در نتایج و یافته‌ها

مواد آلی که بخش اصلی مجموعه‌های کتابخانه‌ای، آرشیوی و موزه‌ای را تشکیل می‌دهند، به‌طور اخص نسبت به دما و رطوبت بالا و در پی آن به تخریب شیمیایی و بیولوژیکی آسیب‌پذیرند و همواره مورد تهدید انواع عوامل زیستی هستند. در این راستا فرسودگی زیست محیطی را نمی‌توان کاملاً حذف نمود، اما می‌توان با ممانعت از فعالیت ارگانیسم‌های آسیب‌رسان، از طریق جلوگیری از شرایط محیطی مناسب برای رشد ارگانیسم و نیز شرایط نامناسب محیطی برای شیء، تأثیرات آن‌ها را کاهش داد و مانع از رشدشان شد. روشی که کم‌ترین آسیب را به مجموعه‌ها و کارکنان وارد می‌کند، روش‌های پیشگیرانه و کنترل منظم است که از طریق نظارت و اداره محیط امکان‌پذیر می‌شود. کنترل رطوبت و دما، رعایت اصول بهداشتی و نظافت مجموعه‌ها و محیط نگهداری‌شان، بازرسی روزانه و یا دوره‌ای و غیره از جمله اقداماتی هستند که می‌توانند به آسانی در اکثر مراکز از جمله موزه‌ها و آرشیوها و کتابخانه‌ها به کار گرفته شود. البته اجرای صحیح و مؤثر روش به تلاش هماهنگ همه کارکنان نیاز دارد. از جمله مزایای روش، کاهش استفاده از مواد شیمیایی و در نتیجه کاهش خطر سلامتی برای کارکنان و آثار، بهره اقتصادی، امکان کنترل بیشتر و شناخت فعالیت عوامل بیولوژیک برای مؤسسه‌ها است. این روش به عنوان تنها راه حل مشکلات دراز مدت آفات در جایی که حتی مواد شیمیایی مؤثر نبوده است، می‌تواند نقش ارزشمندی را در حفاظت و نگهداری مجموعه‌ها بازی کند.

ازآنجایی‌که هر آلودگی، هر شیء و هر محیطی در نوع خود منحصربه‌فرد است، لذا نمی‌توان دستورالعمل خاصی برای جلوگیری یا ریشه‌کنی آلودگی‌های زیست محیطی صادر کرد. بنابراین برای هر آلودگی خاص آگاهی و شناخت عوامل بیولوژیکی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد تشکیل دهنده اشیاء تاریخی و ارتباط این موارد با محیط برای جلوگیری



شکل ۳. کلونی‌های مختلف قارچی رشد کرده بر روی محیط کشت



شکل ۴. تصاویر میکروسکوپی از گونه‌های قارچی و باکتریایی جداسازی شده
۱) پنی‌سیلیوم ۲) آسپرژیلوس ۳) آلترناریا ۴) باسیلوس

جدول ۱. نتایج حاصل از شناسایی باکتری‌ها و قارچ‌های جداسازی شده از هوای مخازن کاخ گلستان

ردیف	محل نمونه‌برداری	زمان پلیت‌گذاری (دقیقه)	نوع و تعداد میکرواورگانیسم‌ها	تعداد قارچ CFU/m³	تعداد باکتری CFU/m³	تعداد کل CFU/m³
۱	مخزن پوشاک مردم‌شناسی	۱۲۰	۶ قارچ (۱ آسپرژیلوس، ۱ پنیسیلیوم و ۴ آلترناریا) ۴ باکتری (۳ میکروکوکوس و ۱ استافیلوکوکوس	۳۱۲	۲۰۸	۵۲۰
			۶ قارچ (۴ آسپرژیلوس، ۱ کتومیوم و ۱ کلادوسپوریوم) ۵ باکتری (۳ باسیلوس، ۱ میکروکوکوس، ۱ استافیلوکوکوس)	۳۱۲	۲۰۸	۵۷۲
۲	مخزن تابلوهای نقاشی	۱۰۰	۵ قارچ (۳ آسپرژیلوس، ۱ پنیسیلیوم، ۱ آلترناریا) ۲ باکتری (۱ باسیلوس و ۱ میکروکوکوس)	۳۱۲	۱۲۵	۴۳۷
			۳ قارچ (۲ آسپرژیلوس و ۱ کتومیوم) ۴ باکتری (۲ باسیلوس، ۱ آرتروباکتر، ۱ میکروکوکوس)	۱۸۷	۲۵۰	۴۳۷
۳	مخزن کتب خطی	۶۰	عدم رشد	–	–	–
			۱ قارچ (۱ کلادوسپوریوم)	۱۰۴	–	۱۰۴
۴	مخزن فرش	۲۰	۱ قارچ (۱ آلترناریا) ۱ باکتری (۱ میکروکوکوس)	۳۱۲	۳۱۲	۶۲۴
			۱ قارچ (۱ آسپرژیلوس) ۶ باکتری (۳ میکروکوکوس، ۲ باسیلوس، ۱ استافیلوکوکوس)	۳۱۲	۱۸۷۵	۲۱۸۷

از مشکلات فرسودگی زیست محیطی و خطر آن‌ها برای سلامتی انسان، در جهت طراحی و انتخاب روش درمان بسیار مهم و اساسی است و بی‌دقتی در انتخاب روش می‌تواند نتایج نامطلوبی داشته باشد.

میکروارگانیسم‌های موجود در هوا، هم از جنبهٔ آسیب به مجموعه‌ها و هم ازنظر سلامت کارکنان اهمیت دارد؛ از این رو بررسی میزان آلودگی هوای داخل مخازن را می‌توان از دو منظر آسیب به آثار تاریخی و هم از نظر به خطر افتادن سلامت موزه‌داران موردبررسی قرار داد. از نظر سلامت کارکنان، درحال‌حاضر استاندارد بین‌المللی ثابت و مشخصی برای سنجش کیفیت بیولوژیکی هوا

در محیطهای بسته وجود ندارد و هر کشوری مقررات و استانداردهای مربوط به خود را دارد (Moldoveanu, 2015). سازمان بهداشت جهانی (WHO) محدودهٔ مجاز تعداد اسپورهای قارچی هوا را کمتر از 500 CFU/m^3 اعلام کرده است (WHO, 1990). کمیسیون جوامع اروپایی (CEC) سطح آلودگی باکتریولوژیکی هوا را به شرح زیر تعریف می‌کند: 1-499CFU/m^3 کم؛ 500-999 CFU/m^3 متوسط؛ 1000-1999 CFU/m^3 زیاد؛ و بیش از 2000 CFU/m^3 بسیار زیاد (Wanner et al., 1993).

طبق جدول ۱ متوسط سطح آلودگی بیولوژیک هوا در مخزن پوشاک مردم‌شناسی (قارچ ۳۱۲ و باکتری 234 CFU/m^3)، مخزن تابوهای نقاشی (قارچ ۲۴۹ و باکتری ۳۷۵ CFU/m۳)، مخزن کتب خطی (قارچ ۵۲ CFU/m۳) و مخزن فرش (قارچ ۳۱۲ و باکتری 1093 CFU/m^3) بود. بر اساس استاندارد WHO و CEC می‌توان گفت همه مخازن از نظر تعداد اسپورهای قارچی در متر مکعب هوا در سطح قابل قبول می‌باشند ولی از نظر آلودگی باکتریایی میزان آلودگی باکتریایی در مخزن فرش بالاست که از نظر سلامتی کارکنان در آن بخش حائز اهمیت است. سویه‌های قارچی جداسازی شده در این مطالعه به جنس آسپرژیلوس (Aspergillus)، پنی‌سیلیوم (Penicillium)، آلترناریا (Alternaria)، کلادوسپوریوم (Cladosporium) و کتومیوم (Chaetomium) تعلق داشتند

گونه‌های قارچی که منجر به واکنش‌های آلرژیک در انسان می‌شوند اغلب به جنس‌های آسپرژیلوس، پنی‌سیلیوم، موکور (Mucor)، تریکودرما (Trichoderma) ، آلترناریا، کلادوسپوریوم، ریزوپوس (Rhizopus) و فوزاریوم (Fusarium) تعلق دارند (Pinheiro et al., 2019; Valentśn, 2007). برخی از جنس‌های قارچی مذکور در این مطالعه جداسازی شدند. از سوی دیگر اغلب سویه‌های باکتریایی جدا شده در این مطالعه به جنس‌های باکتریایی استافیلوکووس (Staphylococcus)، میکروکوکوس (Micrococcus) و باسیلوس (Bacillus) تعلق داشتند. مطالعات پیشین حاکی از این است که سویهäهای باکتریایی متعلق به جنس باسیلوس، باکتروئید (Bacteroidota)، کلستریدیوم (Clostridium)، سودوموناس (Pseudomonas) استرپتوکوک (Streptococcus)، استافیلوکوک و برخی از سویه‌های میکروکوکوس موجود در هوا می‌توانند مشکلات آلرژیک در افراد ایجاد کنند (Valentśn, 2007). استافیلوکوک‌ها جزء فلور نرمال پوستی به شمار می‌آیند از این رو حضور آن‌ها در محیط می‌تواند ناشی از حضور و فعالیت انسانی در محیط باشد

از منظر حفاظت از آثار موزه‌ای، محدوده‌های مختلفی از تعداد باکتری‌ها و قارچها در مترمکعب هوا ارایه شده است. وزارت میراث فرهنگی ایتالیا (MIBAC) پیشنهاد کرده است که غلظت قارچها باید کمتر از CFU/m^3 150 و باکتری‌های هتروتروف باید کمتر از CFU/m^3 750 باشد (Katsivela et al., 2021; Cieplik, 1997).

Cieplik محدوده‌ای را بر اساس نوع گونه‌های قارچی جداشده از هوا تعریف کرده‌است؛ بدین‌ترتیب که اگر سویه‌های قارچی موجود در هوا مخلوطی از چندین گونه قارچی باشند، تعداد آن‌ها نباید از 150 CFU/m^3 تجاوز کند و اگر به یک گونهٔ خاص قارچی متعلق باشد نباید از 50 CFU/m^3 تجاوز کند. نویسنده غلظت 500 CFU/m^3 را در صورتی مجاز دانسته که قارچها متعلق به گونه‌های میکروبی معمول موجود در هوا باشند (Pinheiro et al., 2019; Cieplik, 1997).

گونه‌های قارچی جداسازی شده در این مطالعه از جمله گونه‌های شایع جداسازی شده در محیطهای بسته است. این گروه از قارچها اسپورهای زیادی تولید می‌کنند که به‌راحتی با هوا پراکنده می‌شود (Pinheiro et al., 2019). بر اساس داده‌های مندرج در جدول ۱ و با توجه به این امر که اکثر سویه‌های قارچی و باکتریایی جداسازی شده در این مطالعه گونه‌های میکروبی هستند که به‌طور معمول از هوای محیطهای دربسته جداسازی می‌شوند، میتوان گفت از نظر حفاظت از آثار تاریخی، سطح آلودگی هوای همه مخازن به‌جز مخزن فرش در سطح قابل‌قبول است. تعداد باکتری‌های جداسازی شده در متر مکعب هوا در مخزن فرش نه تنها از منظر سلامت کارکنان، بلکه از جنبه حفاظت از آثار تاریخی نیز آسیب‌رسان است

جداسازی سویه‌های متعلق به این جنس‌های

باکتریایی و قارچی در مطالعات مختلف از محیط‌های کتابخانه‌ای و موزه‌ای گزارش شده است. نتایج حاصل از پایش بیولوژیکی هوا به‌صورت فصلی در یکی از موزه‌های تاریخی رومانی در بخش‌های مخزن آثار باستانی، آزمایشگاه مرمت و فضای نمایشگاهی نشان داد اغلب قارچ‌های جداسازی شده به جنس‌های آسپرژیلوس، پنی‌سیلیوم و کلادوسپوریوم تعلق داشتند. از سوی دیگر سویه‌های غالب باکتریایی جداسازی شده متعلق به جنس‌های استافیلوکوک و باسیلوس بودند(Scarlat et al., 2017). مطالعات مختلف انجام شده از هوای داخل مراکز اسناد و محیط‌های کتابخانه‌ای حاکی از جداسازی گونه‌های مختلف از آسپرژیلوس، پنی سیلیوم و آلترناریا و کلادوسپوریوم بودند (2011; Zieli'ska-Jankiewicz et al., 2008 .(Anaya et al., 2016; Karbowska-Berent et al., اسپورهای قارچی شایع‌ترین میکروارگانیسم‌های مخرب در محیط‌های در بسته مانند موزه‌ها و کتابخانه‌ها هستند. قدرت متابولیکی بالای قارچ‌ها به همراه مقاومت آن‌ها در برابر شرایط نامساعد محیطی از جمله دما و رطوبت نسبی به آن‌ها اجازه می‌دهد تا در محیط‌هایی با شرایط نامطلوب زنده مانده و بر روی آثار تاریخی مختلف رشد کنند و با تولید آنزیم‌های خارج سلولی و فشار مکانیکی ناشی از هیف‌هایشان سبب آسیب به آثار مختلف موزه‌ای شوند (2017 .(Borrego et al., غالب سویه‌های باکتریایی جداسازی شده در این مطالعه از گروه باکتری‌های گرم مثبت و متعلق به جنس‌های باسیلوس، استافیلوکوک و میکروکوکوس بودند. از لحاظ آسیب به آثار موزه‌ای و کتابخانه‌ای، باسیلوس‌ها حائز اهمیت هستند. باسیلوس‌ها در مطالعات مختلف از آثار موزه‌ای و تاریخی از جمله اسناد تاریخی، نقاشی‌های دیواری، بافته‌ها، سنگ و غیره جداسازی شده‌اند(Rivera et., 2018 al). این گروه از باکتری‌ها با توجه به داشتن ظرفیت تولید آنزیم‌های تجزیه‌کننده خارجی از جمله سلولاز، لیپاز و پروتئاز قادرند در صورت افزایش رطوبت محیط، با تولید آنزیم‌های مخرب باعث تجزیه و فرسودگی زیستی مواد موزه‌ای شوند (Negi & Sarethy; 2019).

نتیجه گیری

نتایج حاصل از پایش بیولوژیک هوای داخل مخازن در این مطالعه نشان داد به‌جز مخزن فرش، بقیه مخازن شامل مخزن مردم‌شناسی، مخزن تابلوهای نقاشی و مخزن کتب خطی از نظر تعداد میکروارگانیسم‌های موجود در هوا در سطح قابل قبول می‌باشند. از علل بالا بودن تعداد میکروارگانیسم‌ها در مخزن فرش، می‌توان به تجمع بالای فرش در این بخش و عدم وجود سیستم تهویه مناسب اشاره کرد. با توجه به اهمیت این مسئله هم از جنبه حفاظت از آثار موجود در مخزن و هم سلامت کارکنان، بایستی اقدامات لازم جهت کنترل آلودگی در این مخزن انجام گیرد. از سوی دیگر شناسایی سویه‌های باکتریایی و قارچی موجود در مخازن حاکی از حضور قارچ‌ها و باکتری‌هایی با پتانسیل تخریب بالا در هوای داخل مخازن است که در صورت مساعد شدن شرایط محیطی از نظر دما و رطوبت نسبی می‌توانند رشد و تکثیر کرده و منجر به تخریب آثار شوند. از این رو پایش دوره‌ای شرایط محیطی و عوامل بیولوژیکی در این مخازن امری لازم و ضروری است.

سپاسگزاری

شایسته است از همه‌ی همکارانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری نموده‌اند به‌ویژه مدیریت محترم کاخ گلستان و همکارانشان سرکار خانم مینایی امین اموال موزه مردم‌شناسی، سرکار خانم مرجانی امین اموال کتابخانه نسخ خطی، سرکار خانم حسین پور امین اموال مخزن نقاشی، و سرکار خانم شفیع خانی امین اموال مخزن فرش تشکر و قدردانی گردد.

منابع

ولهایزر، یوهانا. (۱۳۷۹). فرایندهای غیر شیمیایی برای آفت‌زدایی از مجموعه‌های کتابخانه‌ای. مترجم: نیکنام، م. مترجم. تهران: کتابخانه، موزه، مرکز اسناد مجلس شورای اسلامی، ۱۱۲.

Ali, D., Abdel-Rahman, T., El-Badawey, N., & Ali, E. (2014). Control of fungal paper deterioration by antifungal drugs, essential oils, gamma and laser irradiation. Egypt J Bot, 54, 219-246.

Anaya, M., Borrego, S. F., Gõmez, E., Castro,

M., Molina, A., & Valdřs, O. (2016). Viable fungi in the air of indoor environments of the National Archive of the Republic of Cuba. Aerobiologia, 32(3), 513-527.

Awad, A. H., & Mawla, H. A. (2012). Sedimentation with the Omeliansky formula as an accepted technique for quantifying airborne fungi. Pol J Environ Stud, 21(6), 1539.

Barnett, H., Barry, B., & Hunter, B. (1972). Illustrated genera of imperfect fungi. 3rd Edtion. In: American Phytopathological Society press.

Borrego, S., Molina, A., & Santana, A. (2017). Fungi in archive repositories environments and the deterioration of the graphics documents. EC Microbiology, 11(5), 205-226.

Camuffo, D., & Bertolin, C. (2016). Unfavorable microclimate conditions in exhibition rooms: Early detection, risk identification, and preventive conservation measures. Journal of Paleontological Techniques, 15, 144-161.

Caneva, G., Nugari, M. P., & Salvadori, O. (1991). Biology in the Conservation of Works of Art. (No Title).

Cieplik, Z. (1997). "Zagrzybienie of the book collection of the Polish Studies Library of the Faculty of Philology of the University of Silesia". Studies in Bibliography, 10, pp 107-119.

Johnson, J. (1999). Museum collections environment.

Karbowska-Berent, J., Gúrny, R. L., Strzelczyk, A. B., & Wlaz'o, A. (2011). Airborne and dust borne microorganisms in selected Polish libraries and archives. Building and Environment, 46(10), 1872-1879.

Katsivela, E. K., Raisi, L., & Lazaridis, M. (2021). Viable airborne and deposited microorganisms inside the historical Museum of Crete. Aerosol and Air Quality Research, 21(7), 200649.

Moldoveanu, A. M. (2015). Biological contamination of air in indoor spaces. In Current Air Quality Issues. IntechOpen.

National Park Service (NPS). (2014). "Biological Infestations". In The Museum Handbook-Part I: Mueum Collections. 5:1- 5:91. Washington,DC: National Park Service

Negi, A., & Sarethy, I. P. (2019). Microbial biodeterioration of cultural heritage: events, colonization, and analyses. Microbial ecology, 78(4), 1014-1029.

Osman, M. E.-s., El-Shaphy, A. A. E.-N., & Ayid, M. M. (2017). Evaluation of the inhibitory effect of dimethyl sulfoxide on fungal degradated archaeological wood. International Journal of Conservation Science, 8(3).

Pasquarella, C., Balocco, C., Pasquariello, G., Petrone, G., Saccani, E., Manotti, P., Ugolotti, M., Palla, F., Maggi, O., & Albertini, R. (2015). A multidisciplinary approach to the study of cultural heritage environments: Experience at the Palatina Library in Parma. Science of the total environment, 536, 557-567.

Pasquarella, C., Balocco, C., Saccani, E., Capobianco, E., Viani, I., Veronesi, L., Pavani, F., Pasquariello, G., Rotolo, V., & Palla, F. (2020). Biological and microclimatic monitoring for conservation of cultural heritage: a case study at the De Rossi room of the Palatina library in Parma. Aerobiologia, 36, 105-111.

Pinheiro, A. C., Sequeira, S. O., & Macedo, M. F. (2019). Fungi in archives, libraries, and museums: a review on paper conservation and human health. Critical Reviews in Microbiology, 45(5-6), 686-700.

Querner, P., & Kjerulff, A. (2013). Non-chemical methods to control pests in museums: An overview. Taylor & Francis: London, UK.

Rivera, L. E. C., Ramos, A. P., Sõnchez, J. I. C., & Serrano, M. E. D. (2018). Origin and control strategies of biofilms in the cultural

heritage. Antimicrobials, Antibiotic Resistance, Antibiofilm Strategies and Activity Methods, 51-74.

Scarlat, I. P., Laz'r, V., Stepa, R., Chifiriuc, M. C., Di'u, L.-M., & Haiducu, M. (2017). Seasonal monitoring of microbiological air contamination from a museum-a case study. MATEC Web of Conferences,

Stanaszek-Tomal, E. (2020). Environmental factors causing the development of microorganisms on the surfaces of national cultural monuments made of mineral building materials. Coatings, 10(12), 1203.

Sterflinger, K., & Querner, P. (2013). Fungi and insects as deterioration agents in museums-a comparison. Integrated pest management (IPM) in museums, archives and historic houses'Proceedings of the international conference in Vienna, Austria,

Strang, T., Jacobs, J., & Kigawa, R. (2019). Integrated pest management for museum collections. Preventive Conservation: Collection Storage; Society for the Preservation of Natural History Collections: New York, NY, USA, 375-406.

Teygeler, R., de Bruin, G., Wassink, B., & Van Zanen, B. (2001). Preservation of archives in tropical climates: an annotated bibliography.

Valentśn, N. (2007). Microbial contamination in archives and Museums: Health hazards and preventive strategies using air ventilation systems. The Getty Conservation Institute, 1-26.

Vos, P., Garrity, G., Jones, D., Krieg, N. R., Ludwig, W., Rainey, F. A., Schleifer, K.-H., & Whitman, W. B. (2011). Bergey's manual of systematic bacteriology: Volume 3: The Firmicutes (Vol. 3). Springer Science & Business Media.

Wanner, H., Verhoeff, A., Colombi, A., Flannigan, B., Gravesen, S., Mouilleseaux, A., Nevalainen, A., Papadakis, J., & Seidel, K. (1993). Indoor air quality and its impact on man. Biological particles in indoor environments. Brussels, Luxembourg, Commission of the Eurpoean Communities.

World Health Organization (WHO). (1990). Indoor air quality: biological contaminants: report on a WHO meeting, Rautavaara, 29 August'2 September 1988. World Health Organization. Regional Office for Europe.

Zieli'ska-Jankiewicz, K., Kozajda, A., Piotrowska, M., & Szadkowska-Sta'czyk, I. (2008). Microbiological contamination with moulds in work environment in libraries and archive storage facilities. Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 15(1), 71-78.